

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Nobuhiko HAYASHI, et al.**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Filed: **July 5, 2001**

For: **NITRIDE BASED SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

July 5, 2001

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2000-208302, filed July 10, 2000

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,
ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI
McLELAND & NAUGHTON, LLP



Donald W. Hanson
Reg. No. 27,133

Atty. Docket No.: 010849
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
Tel: (202) 659-2930
Fax: (202) 887-0357
DWH/ll

2
12/17/01
Muller

JC997 U.S. PTO
09/898043
07/05/01

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

JC997 U.S. PTO

09/898043



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月10日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-208302

出 願 人

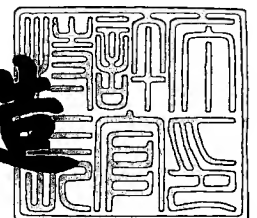
Applicant(s):

三洋電機株式会社

2001年 5月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3041422

【書類名】 特許願

【整理番号】 NBA0991041

【提出日】 平成12年 7月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会
社内

【氏名】 林 伸彦

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会
社内

【氏名】 後藤 壮謙

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会
社内

【氏名】 狩野 隆司

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100098305

【弁理士】

【氏名又は名称】 福島 祥人

【電話番号】 06-6330-5625

【選任した代理人】

【識別番号】 100109438

【弁理士】

【氏名又は名称】 大月 伸介

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 032920

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006012

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物系半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 III 族窒化物系半導体からなり活性層を含む発光層上に、II I 族窒化物系半導体からなり前記活性層よりも大きなバンドギャップを有しかつ前記活性層よりも小さな屈折率を有する p 型クラッド層が形成され、前記 p 型クラッド層の厚さが $0.3 \mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【請求項 2】 クラッド層のアルミニウム組成が 0.05 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項 3】 前記発光層は、前記活性層上に、前記 p 型クラッド層よりも小さなバンドギャップを有しかつ前記 p 型クラッド層よりも大きな屈折率を有するとともに前記活性層よりも大きなバンドギャップを有しかつ前記活性層よりも小さな屈折率を有する p 型光ガイド層をさらに含み、前記 p 型光ガイド層上に前記 p 型クラッド層が形成されたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項 4】 前記 p 型クラッド層にリッジ部が形成され、前記リッジ部の厚さが $0.3 \mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項 5】 III 族窒化物系半導体からなり、活性層上に前記活性層よりも大きなバンドギャップを有しかつ前記活性層よりも小さな屈折率を有する p 型光ガイド層が形成されてなる発光層を備え、前記 p 型光ガイド層上に p 電極がオーミック接触していることを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【請求項 6】 前記発光層は、前記活性層上に形成され前記 p 型光ガイド層よりも大きなバンドギャップを有する p 型のキャリア漏れ防止層をさらに含み、前記キャリア漏れ防止層上に前記 p 型光ガイド層が形成されたことを特徴とする請求項 5 記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項 7】 前記 p 型光ガイド層にリッジ部が形成され、前記リッジ部の上面に前記 p 電極がオーミック接触していることを特徴とする請求項 5 または 6

記載の窒化物系半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、BN（窒化ホウ素）、GaN（窒化ガリウム）、AlN（窒化アルミニウム）、InN（窒化インジウム）もしくはTlN（窒化タリウム）またはこれらの混晶等のIII - V族窒化物系半導体（以下、窒化物系半導体と呼ぶ）からなる半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、高密度かつ大容量の光ディスクシステムに用いられる記録または再生用の光源として、青色または紫色の光を発する窒化物系半導体レーザ素子の研究開発が行われている。

【0003】

図8は従来の窒化物系半導体レーザ素子の例を示す模式的な断面図である。

図8に示す半導体レーザ素子は、サファイア基板81のC（0001）面上に、MOCVD法（有機金属化学的気相成長法）により、アンドープのAl-GaNからなるバッファ層82、アンドープGaN層83、n-GaNからなるn-GaNコンタクト層84、n-InGaNからなるクラック防止層85、n-AlGaNからなるn-AlGaNクラッド層86、InGaNからなる発光層87、p-AlGaNからなるp-AlGaNクラッド層91およびp-GaNからなるp-GaNコンタクト層92が順に形成されてなる。

【0004】

発光層87は、n-GaNからなるn-GaN光ガイド層88と、InGaNからなり多重量子井戸（MQW）構造を有するMQW活性層89と、p-GaNからなるp-GaN光ガイド層90とが順に積層されてなる。

【0005】

p-GaNコンタクト層92からp-AlGaNクラッド層91の所定深さまでがエッチングにより除去されている。それにより、p-GaNコンタクト層9

2 および $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 91 からなるストライプ状のリッジ部 93 が形成されるとともに、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 91 に平坦部が形成される。このリッジ部 93 の $p\text{-GaIn}$ コンタクト層 92 上に p 電極 131 が形成されている。また、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 91 の平坦部から $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 84 までの一部領域がエッチングにより除去され、 $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 84 の n 電極形成領域 94 が露出している。この露出した n 電極形成領域 94 上に n 電極 132 が形成されている。

【0006】

リッジ部 93 の両側面、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 91 の平坦部上面、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 91 から $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 84 までの側面、ならびに n 電極 132 が形成された領域を除く $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 84 上面に SiO_2 等の Si 酸化物からなる絶縁膜 95 が形成されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

図 8 の半導体レーザ素子においては、例えば従来の AlGaAs 系半導体レーザ素子と比較して、発光層 87 と $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層 86 および $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 91 との屈折率の差が約 4 分の 1 から 3 分の 1 と小さい。このため、発光層 87 の MQW 活性層 89 において発生した光は、発光層 87 に導波されにくい。

【0008】

また、発光層 87 の MQW 活性層 89 において発生した光を閉じ込める $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層 86 および $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 91 の外側に位置する $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 84 および $p\text{-GaIn}$ コンタクト層 92 の屈折率が、 $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層 86 および $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 91 よりも大きくなるいわゆる反導波構造となることから、基本垂直横モードが得られにくい。

【0009】

ここで、例えば GaAs のような吸収係数の大きな材料から構成されるコンタクト層は、クラッド層からしみ出した光を吸収することが可能である。しかしながら、上記のように GaIn から構成される $p\text{-GaIn}$ コンタクト層 92 は、吸収

係数が小さいため、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層91からしみ出した光を吸収することができない。

【0010】

したがって、図8の半導体レーザ素子においては、発光層7に十分に光を閉じ込めることが困難であり、垂直横モードが高次モードになりやすい。このため、半導体レーザ素子のしきい値電流の低減化を図ることが困難である。

【0011】

垂直横モードが高次モードになることを防止するためには、 $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層86および $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層91のAl組成を大きくする（例えば0.07より大きくする）か、または、 $n\text{-GaIn}$ コンタクト層84に数%のAlを加える（例えばAlを0.02程度加える）。それにより、基本垂直横モードが得られやすくなる。しかしながら、このようにAl組成が大きくなることによって成長層にクラックが発生しやすくなり、その結果素子の歩留りが大きく低下してしまう。

【0012】

ところで、上記の半導体レーザ素子のMQW活性層89は、GaInやAlGaInに比べて格子定数が大きいInGaInから構成される。このようなInGaInから構成されるMQW活性層89は、膜厚を大きくすると結晶性が劣化する。したがって、MQW活性層89の結晶性を劣化させないためには、MQW活性層89の厚さを数十Åと小さくする必要がある。しかしながら、このようにMQW活性層89の厚さを小さくした場合、発光層87に特に光を閉じ込めにくく、垂直横モードがさらに高次モードになりやすい。このため、半導体レーザ素子においてしきい値電流の低減化を図ることがより困難となる。

【0013】

一方、 $p\text{-AlGaIn}$ からなる $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層91は抵抗が大きい。ため、上記の半導体レーザ素子においては電極間の直列抵抗が大きくなる。このため、半導体レーザ素子において動作電圧の低減化を図ることが困難である。特に、半導体レーザ素子を0℃以下のような低温で動作させる場合、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層91における抵抗がより大きくなるので、動作電圧がさらに高くな

り、絶縁破壊等の素子破壊が発生しやすくなる。

【0014】

本発明の目的は、クラックの発生による歩留りの低下をまねくことなく、発光層における光の閉じ込めを効果的に行うことによりしきい値電流の低減化が図られた窒化物系半導体発光素子を提供することである。

【0015】

本発明の他の目的は、クラックの発生による歩留りの低下をまねくことなく、動作電圧の低減化が図られた窒化物系半導体発光素子を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

第1の発明に係る窒化物系半導体発光素子は、III族窒化物系半導体からなり活性層を含む発光層上に、III族窒化物系半導体からなり活性層よりも大きなバンドギャップを有しかつ活性層よりも小さな屈折率を有するp型クラッド層が形成され、p型クラッド層の厚さが0.3 μm 未満であるものである。

【0017】

本発明に係る窒化物系半導体発光素子においては、p型クラッド層の厚さが0.3 μm 未満と小さく抑えられている。このため、活性層において発生した光のp型クラッド層へのしみ出しが抑制され、垂直横モードにおける高次モードをカットオフすることが可能である。それにより、窒化物系半導体発光素子においてしきい値電流の低減化を図ることが可能になるとともに、レーザ光を集光した際の集光特性の向上が図られる。

【0018】

特に、上記の窒化物系半導体発光素子では、活性層の厚さを小さくした場合においてもp型クラッド層への光のしみ出しを抑制することが可能である。したがって、このような窒化物系半導体発光素子においては、活性層の厚さを小さくすることが可能である。ここで、活性層の厚さが小さな窒化物系半導体発光素子においては活性層において良好な結晶性を実現することが可能となることから、上記の窒化物系半導体発光素子においては素子特性の向上を図ることが可能となる。

【 0 0 1 9 】

さらに、上記の窒化物系半導体発光素子においては、抵抗の大きな p 型クラッド層の厚さが $0.3 \mu\text{m}$ 未満と小さいため、電極間の直列抵抗の低減化が図られる。それにより、この窒化物系半導体発光素子においては、素子の動作電圧の低減化を図ることが可能となる。

【 0 0 2 0 】

クラッド層のアルミニウム組成が 0.05 以下であってもよい。このようにクラッド層のアルミニウム組成を 0.05 以下にすることによって、窒化物系半導体層の成長時に発生する窒化物系半導体層にかかる歪を小さくすることができ、窒化物系半導体層でのクラック発生を防止できる。それにより、素子の歩留りを低下させることなく、窒化物系半導体発光素子の動作電圧の低減化を図ることが可能となる。

【 0 0 2 1 】

また、発光層は、活性層上に、p 型クラッド層よりも小さなバンドギャップを有しかつ p 型クラッド層よりも大きな屈折率を有するとともに活性層よりも大きなバンドギャップを有しかつ活性層よりも小さな屈折率を有する p 型光ガイド層をさらに含み、p 型光ガイド層上に p 型クラッド層が形成されてもよい。

【 0 0 2 2 】

このような窒化物系半導体発光素子においても、活性層への光の閉じ込めを効果的に行ってしきい値電流の低減を図ることが可能になるとともに、p 型クラッド層における抵抗を低減して窒化物系半導体発光素子の動作電圧の低減を図ることが可能となる。

【 0 0 2 3 】

p 型クラッド層にリッジ部が形成され、リッジ部の厚さが $0.3 \mu\text{m}$ 未満であってもよい。この場合、しきい値電流および動作電圧の低減化が図られたリッジ導波型構造を有する窒化物系半導体発光素子を得られる。

【 0 0 2 4 】

第 2 の発明に係る窒化物系半導体発光素子は、III 族窒化物系半導体からなり、活性層上に活性層よりも大きなバンドギャップを有しかつ活性層よりも小さな

屈折率を有する p 型光ガイド層が形成されてなる発光層を備え、p 型光ガイド層上に p 電極がオーミック接触しているものである。

【 0 0 2 5 】

本発明に係る窒化物系半導体発光素子においては、発光層を構成する p 型光ガイド層に p 電極がオーミック接触している。このような窒化物系半導体発光素子においては、活性層において発生した光を活性層に効果的に閉じこめ、垂直横モードにおける高次モードをカットオフすることが可能となる。それにより、窒化物系半導体発光素子においてしきい値電流の低減化を図ることが可能になるとともに、レーザ光を集光した際の集光特性の向上が図られる。

【 0 0 2 6 】

特に、上記の窒化物系半導体発光素子では、活性層の厚さを小さくした場合においても活性層に光を効果的に閉じこめることが可能である。したがって、このような窒化物系半導体発光素子においては、活性層の厚さを小さくすることが可能である。ここで、活性層の厚さが小さな窒化物系半導体発光素子においては活性層において良好な結晶性を実現することが可能となることから、上記の窒化物系半導体発光素子においては素子特性の向上を図ることが可能となる。

【 0 0 2 7 】

さらに、上記の窒化物系半導体発光素子においては、抵抗の大きな p 型クラッド層が形成されていないため、電極間の直列抵抗の低減化が図られる。それにより、この窒化物系半導体発光素子においては、素子の動作電圧の低減化を図ることが可能となる。

【 0 0 2 8 】

特に、この場合においては、素子の動作温度の変化に伴う動作電圧の変動を抑制することが可能となる。したがって、低温下において素子を動作させる場合においても、絶縁破壊等の素子破壊の発生を防止することが可能となる。

【 0 0 2 9 】

また、発光層は、活性層上に形成され p 型光ガイド層よりも大きなバンドギャップを有する p 型のキャリア漏れ防止層をさらに含み、キャリア漏れ防止層上に p 型光ガイド層が形成されてもよい。この場合、キャリア漏れ防止層により、活

性層から p 型光ガイド層へのキャリアの漏れを防止することが可能となる。したがって、このような窒化物系半導体発光素子においては、しきい値電流の低減化がさらに図られる。

【 0 0 3 0 】

p 型光ガイド層にリッジ部が形成され、リッジ部の上面に p 電極がオーミック接触していてもよい。この場合においては、しきい値電流および動作電圧の低減化が図られたリッジ導波型構造を有する窒化物系半導体発光素子を実現される。

【 0 0 3 1 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る半導体発光素子として、半導体レーザ素子について説明する。

【 0 0 3 2 】

図 1 は本発明の一実施例における半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。

【 0 0 3 3 】

図 1 に示す半導体レーザ素子 1 0 0 は、サファイア基板 1 の C (0 0 0 1) 面上に、アンドープの $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ からなり厚さが 250Å であるバッファ層 2、厚さ $2\mu\text{m}$ のアンドープ GaN 層 3、Si ドープの GaN からなる厚さ $3\mu\text{m}$ の n- GaN コンタクト層 4、Si ドープの $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ $0.1\mu\text{m}$ の n- InGaN クラック防止層 5、Si ドープの $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなる厚さ $1\mu\text{m}$ の n- AlGaN クラッド層 6、発光層 7、Mg ドープの $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなる p- AlGaN クラッド層 8 および Mg ドープの GaN からなる厚さ $0.05\mu\text{m}$ の p- GaN コンタクト層 9 が順に形成される。このような各層 2 ~ 9 は、例えば MOCVD 法（有機金属化学的気相成長法）により形成される。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、発光層 7 の詳細な構造を示す模式的な部分拡大断面図である。図 2 に示すように、発光層 7 は、Si ドープの GaN からなる厚さ $0.1\mu\text{m}$ の n- GaN 光ガイド層 7 1 と、多重量子井戸 (MQW) 構造を有する MQW 活性層 7 2

と、MgドープのGa_{0.9}Nからなる厚さ0.1 μmのp-GaN光ガイド層73とから構成される。MQW活性層72は、SiドープのIn_{0.02}Ga_{0.98}Nからなる厚さ90 nmの4つのn-InGa_{0.9}N障壁層72aとSiドープのIn_{0.1}Ga_{0.9}Nからなる厚さ30 nmの3つのn-InGa_{0.9}N井戸層72bとが交互に積層された多重量子井戸構造を有する。

【0035】

なお、ここでは、クラッド層に比べてバンドギャップが小さくかつクラッド層に比べて屈折率の大きいとともに、活性層に比べてバンドギャップが大きくかつ活性層に比べて屈折率の小さい層を光ガイド層と定義している。また、本例のように活性層が多重量子井戸構造を有する場合には、活性層の井戸層のバンドギャップの大きさを活性層のバンドギャップの大きさと定義する。

【0036】

図1に示すように、p-GaNコンタクト層9からp-AlGa_{0.3}Nクラッド層8までの一部領域が反応性イオンエッチング法（RIE法）または反応性イオンビームエッチング法（RIIBE法）によりエッチングされている。それにより、p-GaNコンタクト層9およびp-AlGa_{0.3}Nクラッド層8からなるストライプ状のリッジ部10が形成されるとともに、p-AlGa_{0.3}Nクラッド層8に平坦部が形成される。このように、本実施例の半導体レーザ素子100はリッジ導波型構造を有する。

【0037】

上記のp-AlGa_{0.3}Nクラッド層8の平坦部からn-GaNコンタクト層4までの一部領域がRIE法またはRIIBE法によりエッチングされ、n-GaNコンタクト層4のn電極形成領域11が露出している。

【0038】

リッジ部10のp-GaNコンタクト層9上にp電極131が形成され、n-GaNコンタクト層4のn電極形成領域11上にn電極132が形成されている。さらに、リッジ部10の両側面、p-AlGa_{0.3}Nクラッド層8の平坦部上面、p-AlGa_{0.3}Nクラッド層8からn-GaNコンタクト層4までの側面、ならびにn電極132が形成された領域を除くn-GaNコンタクト層4の上面に、S

i O₂ 等からなる絶縁膜 12 が形成されている。

【0039】

上記において、半導体レーザ素子 100 のリッジ部 10 の p-AlGa_N クラッド層 8 の厚さ t_1 は 0.3 μ m 未満である。一方、リッジ部 10 の両側に位置する p-AlGa_N クラッド層 8 の平坦部の厚さ t_2 は、半導体レーザ素子 100 の横モード制御の点から、0.05~0.15 μ m であることが好ましい。なお、この場合においては、 t_1 および t_2 が $t_1 > t_2$ の関係を満たしている。

【0040】

ここで、この場合においては、リッジ部 10 の厚さ t_1 を p-AlGa_N クラッド層 8 の厚さと定義する。p-AlGa_N クラッド層 8 の厚さ t_1 が 0.3 μ m 未満に設定された半導体レーザ素子 100 においては、以下のような効果が得られる。

【0041】

図 3 は、図 1 の半導体レーザ素子の所定領域におけるレーザ光の電界分布を示す模式的な断面図である。なお、図 3 においては絶縁膜 12 および p 電極 131 の図示を省略している。ここでは X 軸に電界の大きさをとり、Y 軸を半導体レーザ素子 100 の各層 6~9 に垂直な方向の空間軸としている。

【0042】

なお、図 3 は、n-AlGa_N クラッド層 6 の所定領域、発光層 7、p-AlGa_N クラッド層 8 および p-GaN コンタクト層 9 におけるレーザ光の電界分布を示すものであり、ここではこれ以外の領域におけるレーザ光の電界分布については図示していない。この場合、各 AlGa_N クラッド層 6, 8 における電界分布は指数関数 (exp.) で表され、一方、発光層 7 の MQW 活性層 72 および各 Ga_N 光ガイド層 71, 73、ならびに p-GaN コンタクト層 9 における電界分布は正弦関数および余弦関数 (sin および cos) で表される。

【0043】

図 3 に示すように、厚さ t_1 が 0.3 μ m 未満の p-AlGa_N クラッド層 8 を備えた半導体レーザ素子 100 においては、発光層 7 から p-AlGa_N クラッド層 8 への光のしみ出しが小さく、発光層 7 における光の閉じ込めが効果的に

行われる。このため、垂直横モードが最低次の基本モードとなる。このような半導体レーザ素子 1 0 0 においては、しきい値電流の低減化が図られるとともに、レーザ光を集光した際の集光特性の向上が図られる。

【 0 0 4 4 】

ここで、比較のため、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 8 の厚さ t_1 を $0.3\ \mu\text{m}$ 以上とした場合について説明する。

【 0 0 4 5 】

図 1 の半導体レーザ素子 1 0 0 と同様の構造を有し、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 8 の厚さ t_1 が $0.3\ \mu\text{m}$ 以上である半導体レーザ素子のレーザ光の電界分布を図 4 に示す。なお、図 4 (a) は、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 8 の厚さ t_1 が $0.6\ \mu\text{m}$ より大きい場合について示しており、図 4 (b) は $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 8 の厚さ t_1 が $0.3\sim 0.6\ \mu\text{m}$ 程度である場合について示している。

【 0 0 4 6 】

図 4 は、図 3 の場合と同様、X 軸に電界の大きさをとり、Y 軸を半導体レーザ素子の各層 6 ～ 9 に垂直な方向の空間軸とした模式図である。

【 0 0 4 7 】

また、図 4 においては、図 3 の場合と同様、半導体レーザ素子の詳細な構造の図示を省略するとともに、 $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層 6 の所定領域、発光層 7、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 8 および $p\text{-GaIn}$ コンタクト層 9 以外の領域におけるレーザ光の電界分布については図示していない。

【 0 0 4 8 】

図 4 (a) に示すように、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 8 の厚さ t_1 が $0.6\ \mu\text{m}$ より大きい場合、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 8 に大きな電界が存在する。すなわち、発光層 7 から $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層 8 への光のしみ出しが大きく、発光層 7 において光の閉じ込めが十分に行われず。このような状態では、垂直横モードは高次モード、この場合は 1 次モードとなる。したがって、このような半導体レーザ素子においては、しきい値電流の低減化を図ることが非常に困難であり、また、レーザ光を集光した際の集光特性が良好ではない。

【0049】

一方、図4 (b) に示すように、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8の厚さ t_1 が0.3~0.6 μm 程度の場合、電界は $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8と $p\text{-GaIn}$ コンタクト層9との界面付近にわずかに存在する程度である。すなわち、この場合においては、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8の厚さ t_1 が0.6 μm より大きい図4 (a) の場合に比べて、発光層7から $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8への光のしみ出しが小さくなる。

【0050】

しかしながら、この場合においても発光層7に十分に光を閉じ込めることができず、垂直横モードは1次モードとなる。したがって、半導体レーザ素子においてしきい値電流の低減化を図ることが困難であり、また、レーザ光を集光した際の集光特性が良好ではない。

【0051】

以上のように、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8の厚さ t_1 が0.3 μm 未満と小さい半導体レーザ素子100の p 型半導体層側においては、発光層7から $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8への光のしみ出しを抑制し、垂直横モードにおける高次モードをカットオフすることができる。このため、半導体レーザ素子100においては、しきい値電流の低減化を図ることが可能になる。また、この場合、レーザ光を集光した際の集光特性が良好である。

【0052】

このような半導体レーザ素子100においては、MQW活性層72の厚さを小さくした場合においても、 p 型半導体層側への光のしみ出しを抑制することができる。したがって、半導体レーザ素子100においてはMQW活性層72の厚さを小さくすることができる。厚さの小さなMQW活性層72においては良好な結晶性が実現されることから、このような半導体レーザ素子100においては素子特性の向上が図られる。

【0053】

また、半導体レーザ素子100においては、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8により、MQW活性層72からのキャリアの漏れを十分に抑制することが可能である。

。したがって、しきい値電流の低減がさらに図られる。

【0054】

さらに、半導体レーザ素子100においては、抵抗の大きな $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8の厚さ t_1 が $0.3\mu\text{m}$ 未満と小さいので、 p 電極131と n 電極132との間の直列抵抗を小さくすることが可能となる。したがって、半導体レーザ素子100においては動作電圧の低減化が図られる。

【0055】

なお、上記の半導体レーザ素子100においては、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8および $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層6がともに $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ から構成されているが、 Al 組成が 0.05 よりも大きくてもよい。ただし、クラッド層の Al 組成を 0.05 以下にすることによって、窒化物系半導体層の成長時に発生する窒化物系半導体層にかかる歪を小さくすることができ、窒化物系半導体層でのクラックの発生を防止することができる。それにより、素子の歩留りを低下させることなく、窒化物系半導体発光素子の動作電圧の低減化を図ることが可能となる。

【0056】

また、上記の半導体レーザ素子100においては、 $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8および $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層6がともに $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ から構成され、同じ大きさのバンドギャップを有する場合について説明したが、バンドギャップの大きさが異なる $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層8および $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層6が形成されてもよい。

【0057】

また、上記においては $n\text{-GaIn}$ 光ガイド層71および $p\text{-GaIn}$ 光ガイド層73の両方が形成される場合について説明したが、 $n\text{-GaIn}$ 光ガイド層71および $p\text{-GaIn}$ 光ガイド層73のどちらか一方のみが形成された構造であってもよく、また、 $n\text{-GaIn}$ 光ガイド層71および $p\text{-GaIn}$ 光ガイド層73の両方が形成されない構造であってもよい。

【0058】

図5は本発明の他の実施例における半導体レーザ素子を示す模式的な断面図で

ある。図5に示す半導体レーザ素子101は、以下の点を除いて、図1の半導体レーザ素子100と同様の構造を有する。

【0059】

図5に示すように、半導体レーザ素子101においては、発光層7を構成する厚さ $0.1\mu\text{m}$ のp-GaN光ガイド層73の所定領域が所定深さまでエッチングされ、リッジ部10aが形成されている。

【0060】

この場合、p-GaN光ガイド層73の平坦部の厚さは、半導体レーザ素子101の横モード制御の点から、 $0.05\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。また、MQW活性層72が露出するまでp-GaN光ガイド層73の所定領域がエッチングされてMQW活性層72上にリッジ状のp-GaN光ガイド層73が形成された構造であってもよい。

【0061】

半導体レーザ素子101においては、p-GaN光ガイド層73のリッジ部10aの上面にp電極131が形成されている。また、p-GaN光ガイド層73のリッジ部10aの両側面、p-GaN光ガイド層73の平坦部上面、p-GaN光ガイド層73からn-GaNコンタクト層4までの側面、ならびにn電極132が形成された領域を除くn-GaNコンタクト層4の上面に SiO_2 等からなる絶縁膜12が形成されている。

【0062】

本実施例の半導体レーザ素子101においては、図1の半導体レーザ素子100のようなp-AlGaNクラッド層およびp-GaNコンタクト層が形成されず、代わりにp-GaN光ガイド層73にリッジ部10aが形成されてリッジ部10aの上面がp電極131にオーミック接触している。

【0063】

このような半導体レーザ素子101のp型半導体層側においては、MQW活性層72で発生した光のしみ出しがp-GaN光ガイド層73に限られる。このため、光のしみ出しを抑制してMQW活性層72に光を効果的に閉じ込めることができる。それにより、垂直横モードにおける高次モードを十分にカットオフする

ことができる。したがって、半導体レーザ素子 1 0 1 においては、しきい値電流の低減化が図られるとともに、レーザ光を集光した際の集光特性が向上する。

【 0 0 6 4 】

このような半導体レーザ素子 1 0 1 においては、MQW活性層 7 2 の厚さを小さくした場合においても、光のしみ出しを抑制してMQW活性層 7 2 に効果的に光を閉じ込めることができる。したがって、半導体レーザ素子 1 0 1 においてはMQW活性層 7 2 の厚さを小さくすることができる。厚さの小さなMQW活性層 7 2 においては良好な結晶性が実現されることから、このような半導体レーザ素子 1 0 1 においては素子特性の向上が図られる。

【 0 0 6 5 】

また、半導体レーザ素子 1 0 1 においては、抵抗が大きい $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層が形成されていないため、動作電圧の低減化が十分に図られる。

【 0 0 6 6 】

特に、このような半導体レーザ素子 1 0 1 においては、素子の動作温度の変化に伴う動作電圧の変動を小さく抑えることが可能である。すなわち、半導体レーザ素子 1 0 1 においては、動作温度を下げた場合においても動作電圧の上昇が小さいので、低温下においても絶縁破壊等の素子破壊の発生を防止することができる。

【 0 0 6 7 】

図 6 は本発明のさらに他の実施例における半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。

【 0 0 6 8 】

図 6 に示す半導体レーザ素子 1 0 2 は、MQW活性層 7 2 上にキャリア漏れ防止層 7 4 が形成されるとともにこのキャリア漏れ防止層 7 4 上に $p\text{-GaIn}$ 光ガイド層 7 3 が形成された点を除いて、図 5 の半導体レーザ素子 1 0 1 と同様の構造を有する。

【 0 0 6 9 】

キャリア漏れ防止層 7 4 は、MQW活性層 7 2 および $p\text{-GaIn}$ 光ガイド層 7 3 に比べて大きなバンドギャップを有する。なお、ここでは、前述のように $n\text{-}$

InGa_N井戸層72bのバンドギャップの大きさをMQW活性層72のバンドギャップの大きさと定義する。

【0070】

例えば、上記の半導体レーザ素子102においては $p\text{-Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ からなる厚さ200Åのキャリア漏れ防止層74が形成されている。このようなキャリア漏れ防止層74が形成された半導体レーザ素子102においては、キャリア漏れ防止層74が障壁となるため、MQW活性層72から $p\text{-Ga}_N$ 光ガイド層73へのキャリア（電子）の漏れが防止される。

【0071】

上記の半導体レーザ素子102のp型半導体層側においては、MQW活性層72で発生した光のしみ出しがキャリア漏れ防止層74および $p\text{-Ga}_N$ 光ガイド層73に限られる。このため、光のしみ出しを抑制してMQW活性層72に光を効果的に閉じ込めることができる。それにより、垂直横モードにおける高次モードを十分にカットオフすることができる。したがって、半導体レーザ素子102においては、しきい値電流の低減化が図られるとともに、レーザ光を集光した際の集光特性が向上する。

【0072】

特に、この場合においては、MQW活性層72上にキャリア漏れ防止層74が形成されているため、MQW活性層72から $p\text{-Ga}_N$ 光ガイド層73への電子（キャリア）の漏れを防止することが可能となる。したがって、半導体レーザ素子102においては、しきい値電流の低減化がさらに図られる。

【0073】

このような半導体レーザ素子102においては、MQW活性層72の厚さを小さくした場合においても、光のしみ出しを抑制してMQW活性層72に効果的に光を閉じ込めることができる。したがって、半導体レーザ素子102においては、MQW活性層72の厚さを小さくすることができる。厚さの小さなMQW活性層72においては良好な結晶性が実現されることから、このような半導体レーザ素子102においては素子特性の向上が図られる。

【0074】

また、半導体レーザ素子 1 0 2 においては、抵抗が大きい $p\text{-AlGaIn}$ クラッド層が形成されていないため、動作電圧の低減化が十分に図られる。

【 0 0 7 5 】

特に、このような半導体レーザ素子 1 0 2 においては、素子の動作温度の変化に伴う動作電圧の変動を小さく抑えることが可能である。すなわち、半導体レーザ素子 1 0 2 においては、動作温度を下げた場合においても動作電圧の上昇が小さいので、低温下においても絶縁破壊等の素子破壊の発生を防止することができる。

【 0 0 7 6 】

なお、上記においてキャリア漏れ防止層 7 4 は抵抗の大きな $p\text{-AlGaIn}$ から構成されているが、厚さが 2 0 0 Å と小さいため、キャリア漏れ防止層 7 4 は半導体レーザ素子 1 0 2 の動作電圧には影響しない。キャリアの漏れを十分に抑制しかつ素子の動作電圧の低減化を図る上では、キャリア漏れ防止層 7 4 の厚さは 1 5 0 ~ 3 0 0 Å であることが好ましい。

【 0 0 7 7 】

半導体レーザ素子 1 0 0 ~ 1 0 2 において、各層の構成は上記に限定されるものではない。各層は、Al、Ga、In、B および Tl の少なくとも 1 つを含む窒化物系半導体から構成されていればよい。また、上記においては基板としてサファイア基板を用いているが、Si、SiC、GaN 等からなる基板を用いてもよい。

【 0 0 7 8 】

さらに、上記においては基板上に n 型層および p 型層がこの順で形成される場合について説明したが、基板上に p 型層および n 型層がこの順で形成されてもよい。

【 0 0 7 9 】

また、上記においては本発明をリッジ導波型構造を有する半導体レーザ素子に適用する場合について説明したが、本発明をセルフアライン型構造を有する半導体レーザ素子に適用してもよい。この場合について以下に説明する。

【 0 0 8 0 】

図 7 は、本発明のさらに他の実施例における半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。図 7 に示す半導体レーザ素子は、サファイア基板 2 1 の C (0 0 0 1) 面上に、アンドープの AlGaIn からなるバッファ層 2 2、アンドープ GaIn 層 2 3、 $n\text{-GaIn}$ からなる $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 2 4、 $n\text{-Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{In}$ からなる $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層 2 5、発光層 2 6、 $p\text{-Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{In}$ からなる $p\text{-AlGaIn}$ 第 1 クラッド層 2 7、開口部を有する $n\text{-AlGaIn}$ からなる $n\text{-AlGaIn}$ 電流ブロック層 2 8、 $p\text{-Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{In}$ からなる $p\text{-AlGaIn}$ 第 2 クラッド層 2 9 および $p\text{-GaIn}$ からなる $p\text{-GaIn}$ コンタクト層 3 0 が順に積層されてなる。 $p\text{-GaIn}$ コンタクト層 3 0 から $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 2 4 までの一部領域が除去され、 $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 2 4 が露出している。この露出した $n\text{-GaIn}$ コンタクト層 2 4 上に n 電極 1 3 2 が形成されている。また、 $p\text{-GaIn}$ コンタクト層 3 0 の所定領域上には p 電極 1 3 1 が形成されている。

【 0 0 8 1 】

なお、上記の発光層 2 6 の構造は、図 1 の半導体レーザ素子 1 0 0 の発光層 7 の構造と同様である。

【 0 0 8 2 】

このように、上記の半導体レーザ素子はセルフアライン型構造を有する。このような半導体レーザ素子においては、 $p\text{-AlGaIn}$ 第 1 クラッド層 2 7 および $p\text{-AlGaIn}$ 第 2 クラッド層 2 9 の厚さの合計が $0.3\mu\text{m}$ 未満となるようにする。それにより、図 1 の半導体レーザ素子 1 0 0 と同様の効果が得られる。

【 0 0 8 3 】

また、 p 型のクラッド層が形成されないセルフアライン型構造の半導体レーザ素子であってもよい。

【 0 0 8 4 】

例えば、図 7 の半導体レーザ素子において、開口部を有する $n\text{-AlGaIn}$ 電流ブロック層 2 8 が発光層 2 6 上に直接形成され、この $n\text{-AlGaIn}$ 電流ブロック層 2 8 上および $n\text{-AlGaIn}$ 電流ブロック層 2 8 の開口部内で露出した発光層 2 6 上に $p\text{-GaIn}$ コンタクト層 3 0 が形成された構造であってもよい。こ

の場合においては、図 2 の半導体レーザ素子 1 0 1 と同様の効果が得られる。さらに、この場合、図 3 の半導体レーザ素子 1 0 2 のように、発光層 2 6 の MQW 活性層と p - G a N 光ガイド層との間にキャリア漏れ防止層を形成してもよい。

【 0 0 8 5 】

なお、上記においては本発明を半導体レーザ素子に適用する場合について説明したが、本発明を半導体レーザ素子以外の半導体発光素子に適用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施例における半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。

【図 2】

図 1 の半導体レーザ素子の発光層の詳細な構造を示す模式的な部分拡大図である。

【図 3】

図 1 の半導体レーザ素子の所定領域におけるレーザ光の電界分布を示す模式的な断面図である。

【図 4】

p - A l - G a N クラッド層の厚さが $0.3 \mu\text{m}$ 以上である半導体レーザ素子のレーザ光の電界分布を示す模式的な断面図である。

【図 5】

本発明の他の実施例における半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。

【図 6】

本発明のさらに他の実施例における半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。

【図 7】

本発明のさらに他の実施例における半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。

【図 8】

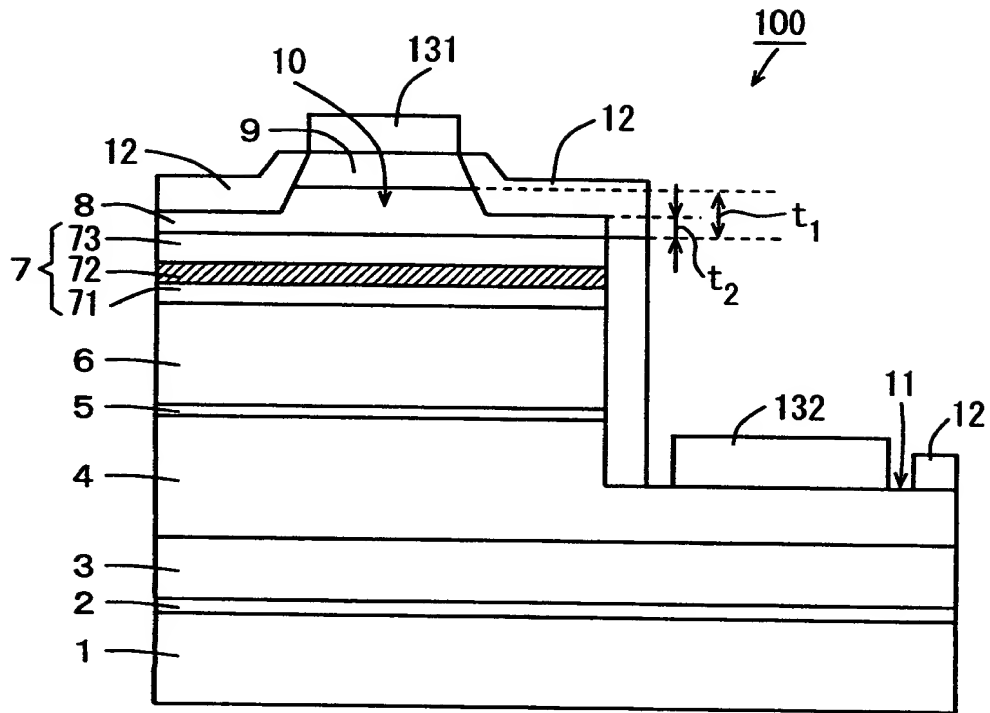
従来の窒化物系半導体レーザ素子の例を示す模式的な断面図である。

【符号の説明】

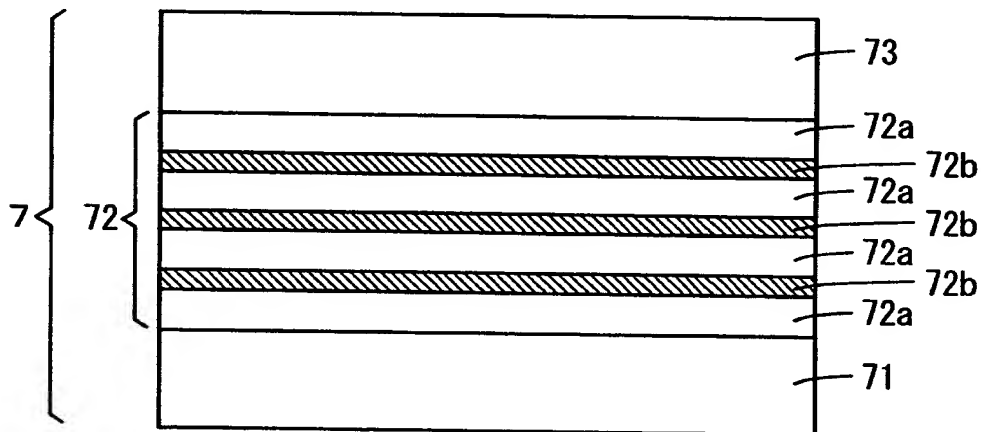
- 1 サファイア基板
 - 2 バッファ層
 - 3 アンドープGaN層
 - 4 n-GaNコンタクト層
 - 5 n-InGaNクラック防止層
 - 6 n-AlGaNクラッド層
 - 7 発光層
 - 8 p-AlGaNクラッド層
 - 9 p-GaNコンタクト層
 - 10, 10a リッジ部
 - 11 n電極形成領域
 - 12 絶縁膜
 - 71 n-GaN光ガイド層
 - 72 MQW活性層
 - 73 p-GaN光ガイド層
 - 74 キャリア漏れ防止層
-
- 1-0-0, 1-0-1, 1-0-2 半導体レーザ素子
- 131 p電極
 - 132 n電極

【書類名】 図面

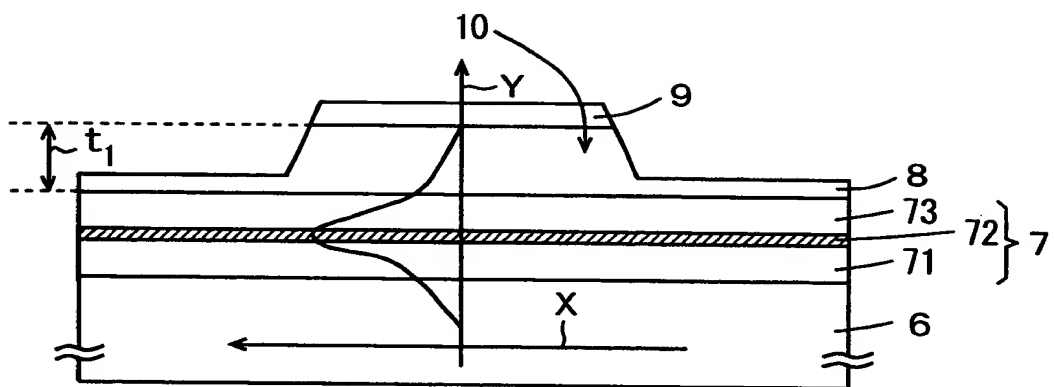
【図 1】



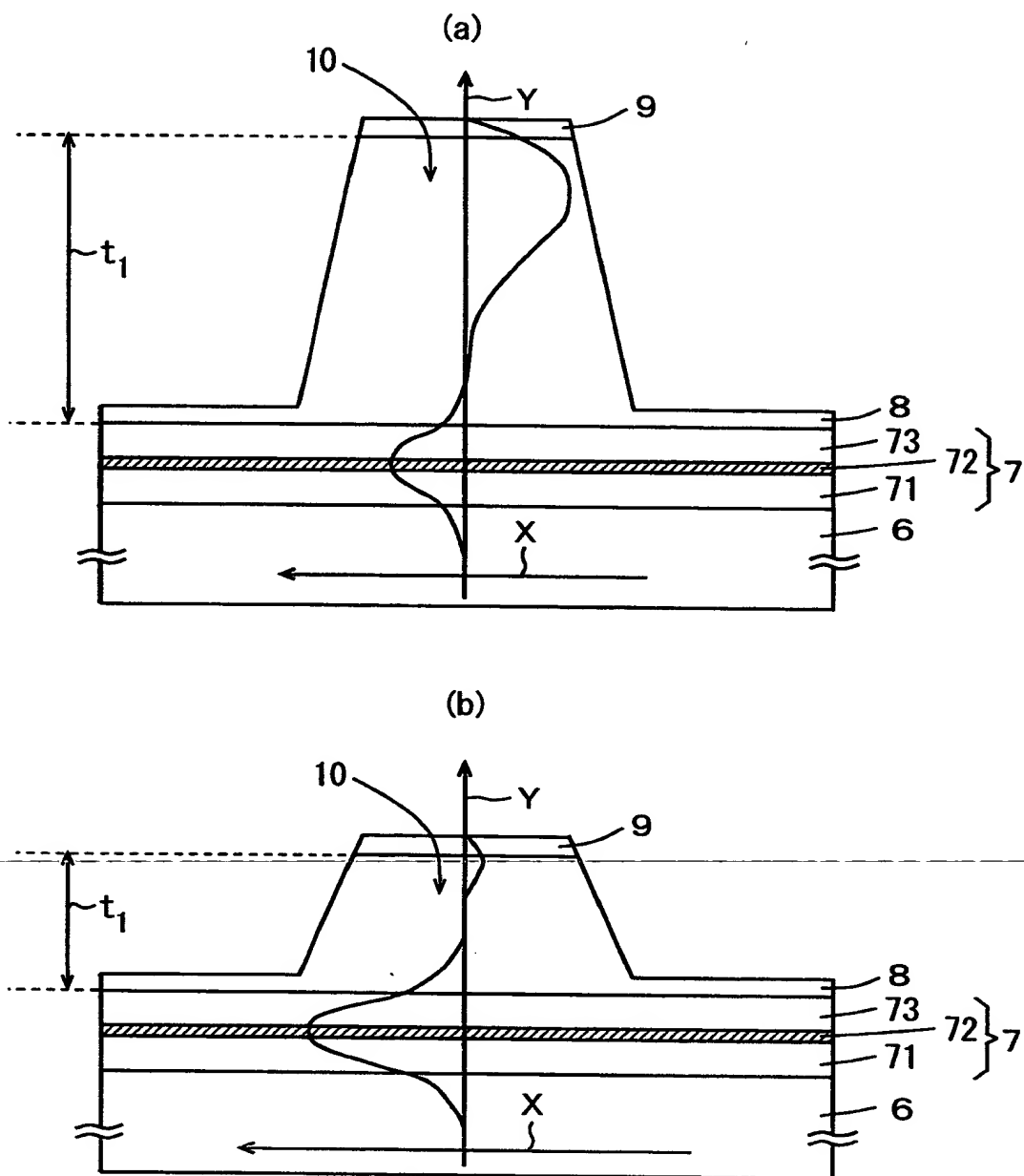
【図 2】



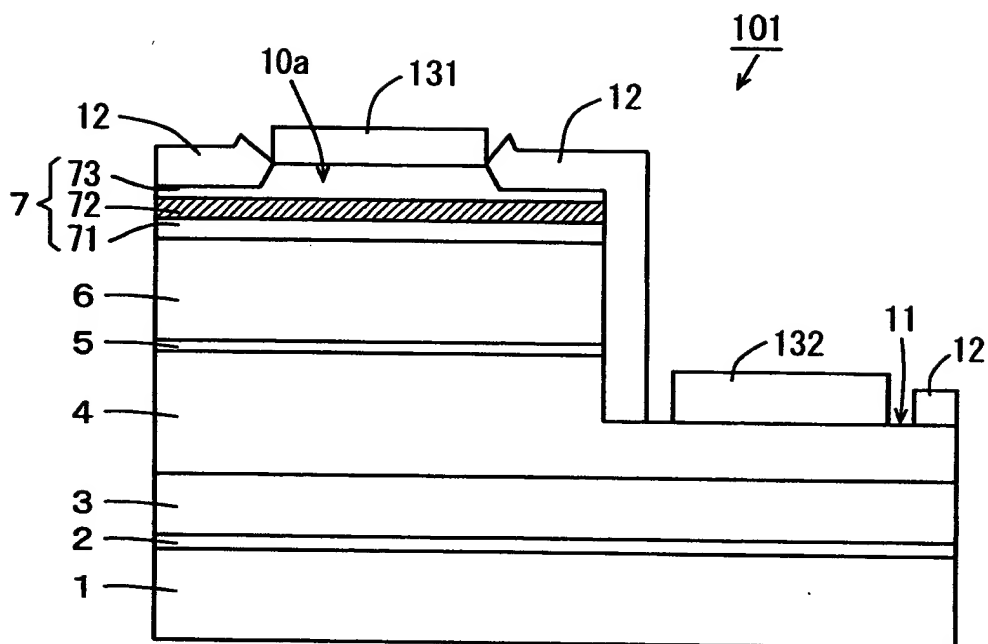
【図 3】



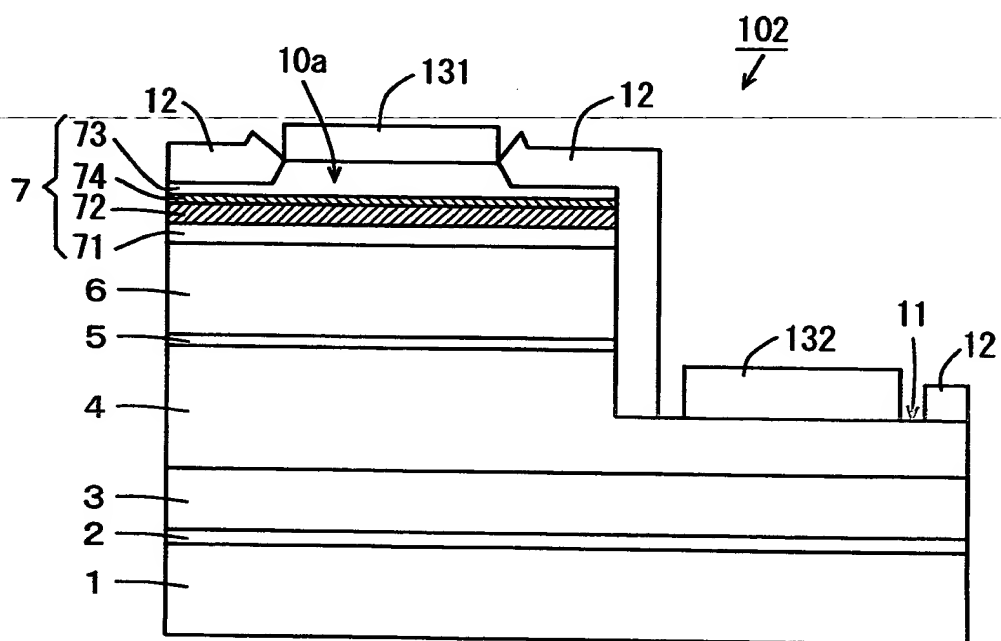
【図4】



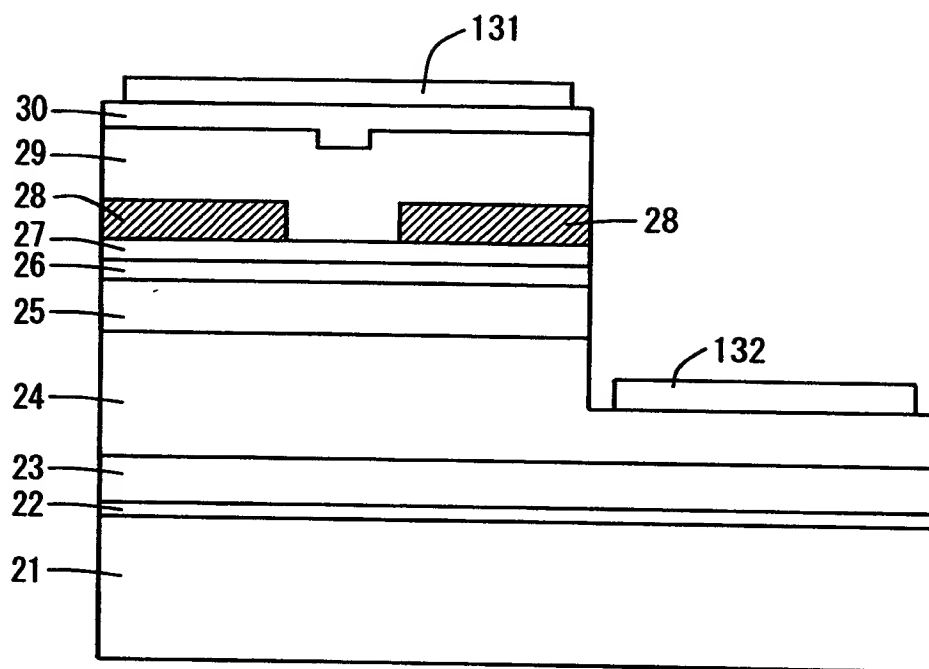
【図 5】



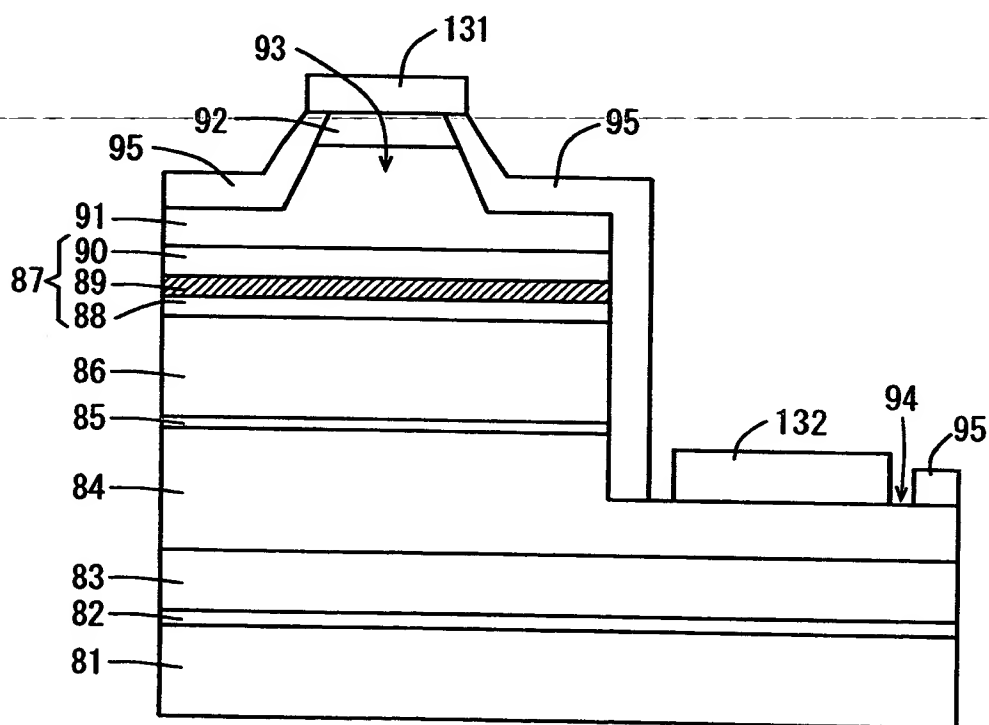
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発光層における光の閉じ込めを効果的に行うことによりしきい値電流の低減化が図られた窒化物系半導体発光素子を提供することである。

【解決手段】 半導体レーザ素子100は、バッファ層2、アンドープGaN層3、n-GaNコンタクト層4、n-InGaNクラック防止層5、n-AlGaNクラッド層6、発光層7、p-AlGaNクラッド層8およびp-GaNコンタクト層9が順に積層されてなる。p-GaNコンタクト層9およびp-AlGaNクラッド層8からなるリッジ部10が形成されており、リッジ部10のp-AlGaNクラッド層の厚さは t_1 0.3 μ m未満である。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日 1993年10月20日
[変更理由] 住所変更
住 所 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
氏 名 三洋電機株式会社
